

Aplikasi Metode Geolistrik 3D untuk Mengetahui Struktur Bawah Permukaan (Studi Kasus : Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat)

Ryan Isbiantoro^{a*}, Zulfian Zulfian^a

^aProdi Geofisika Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

*Email : ryanisbiantoro@student.untan.ac.id

(Diterima 31 Juli 2021; Disetujui 29 Agustus 2021; Dipublikasikan 31 Agustus 2021)

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang aplikasi metode geolistrik 3D yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah di lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Pengukuran dilakukan secara 2D dan 3D dengan 2 lintasan yang saling berpotongan. Panjang lintasan pengukuran 2D adalah 235 m dengan spasi antar elektroda 5 m. Pengukuran secara 2D bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan dengan target kedalaman yang besar. Pengukuran 3D dilakukan pada grid berukuran 12 × 8 yang menempati lahan seluas 1.925 m². Hasil dari penelitian secara 3D menunjukkan struktur lapisan bawah permukaan terdiri dari gambut, lempung dan lempung yang tersaturasi air tanah dengan nilai tahanan jenis dari 2,2 Ωm hingga 96,2 Ωm dan berada hingga kedalaman 15,9 m. Lebih lanjut, pada model 2D terdapat lapisan gambut, lempung dan lempung yang tersaturasi air tanah, lanau, tanah liat berpasir, dan pasir yang memiliki nilai tahanan jenis dari 14,5 Ωm hingga 181 Ωm terdapat pada kedalaman 1,25 m hingga 45,6 m.

Kata kunci: Geolistrik 3D, Tahanan Jenis, Wenner-Schlumberger, Struktur Bawah Permukaan

1. Latar Belakang

Keadaan geologi daerah di Kota Pontianak masuk ke dalam wilayah *sediment alluvial* dan *penepantan*, secara fisik terdiri dari tanah liat dan gambut bekas sisa-sisa endapan lumpur Sungai Kapuas. Ketebalan tanah gambut di Kota Pontianak mencapai 1-6 meter. Keberadaan tanah gambut yang cukup tebal pada wilayah Kota Pontianak akan menyebabkan daya dukung tanah menjadi kurang baik, jika diperuntukan sebagai lahan pertanian dan pendirian bangunan besar. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan informasi lebih detail mengenai struktur bawah permukaan dalam upaya merencanakan kegiatan tersebut [2].

Penggunaan metode geofisika menjadi salah satu solusi untuk menentukan informasi struktur bawah permukaan. Salah satu dari beberapa metode geofisika yang umum digunakan adalah metode geolistrik tahanan jenis [4]. Metode ini menggunakan arus listrik sebagai sumber, yang diinjeksikan ke dalam tanah [3]. Hasil dari injeksi arus listrik tersebut adalah nilai tahanan jenis. Nilai tahanan jenis menjadi parameter dalam menentukan struktur bawah permukaan berdasarkan sifat kelistrikan suatu material [11].

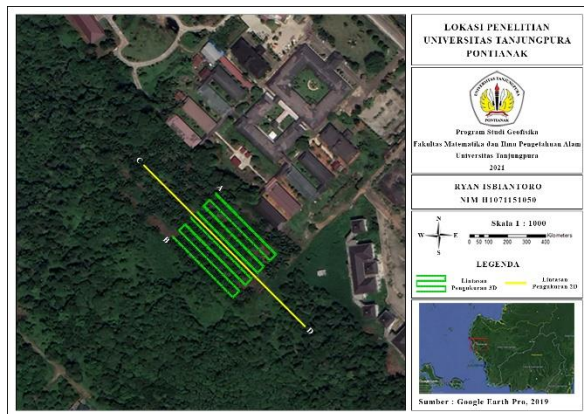
Identifikasi struktur bawah permukaan berhasil dilakukan oleh Rahmawati dan Zulfian, di daerah Pontianak Tenggara yang terdiri dari

lapisan gambut, lempung dan pasir [7]. Informasi mengenai ketebalan tanah gambut di wilayah Pontianak Tenggara yang dilakukan oleh Sirait dan Ihwan, mencapai kedalaman hingga 8,68 meter [9]. Lebih lanjut metode geolistrik 3D berhasil mengidentifikasi objek berupa rongga bawah tanah dengan nilai tahanan jenis rongga dari 126 Ωm hingga 323 Ωm [3].

Pada penelitian ini metode geolistrik tahanan jenis diterapkan di lingkungan Universitas Tanjungpura, Pontianak. Akuisi data menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 3D dan 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi struktur lapisan bawah permukaan secara horizontal maupun vertikal dalam rangka menunjang kegiatan perencanaan pembangunan dan informasi bagi penelitian selanjutnya.

2. Metodologi

Lokasi penelitian dilakukan di lingkungan kampus Universitas Tanjungpura, Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada zona 49M dengan koordinat 315522 mE hingga 315577 mE dan dari 999329 mN hingga 999564 mN. Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan melakukan pengukuran secara 3D dan 2D.

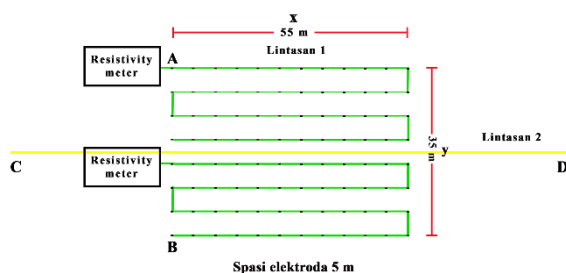


Gambar 1. Lokasi penelitian

Teknik akuisi data yang digunakan adalah pengukuran geolistrik tahanan jenis secara 2D dan 3D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Pengambilan data geolistrik tahanan jenis 2D dimulai dari arah (C) dengan koordinat 49M 315522 mE 9993095 mN menuju ke arah (D) dengan koordinat 49M 315694 mE 9992934 mN. Desain pengukuran 2D dibuat membentuk sebuah lintasan lurus sepanjang 235 m dan jarak antar elektroda 5 m. Hasil pengukuran digunakan untuk melihat struktur bawah permukaan dengan target kedalaman lebih besar.

Pengukuran 3D kabel disusun membentuk grid berukuran 12×8 elektroda, yang menempati lahan seluas $55 \times 35 \text{ m}^2$. Pengambilan data dimulai dari arah (A) dengan koordinat 49M 315601 mE 9993046 mN menuju ke arah (B) dengan koordinat 49M 315577 mE 9993021 mN. Grid pengukuran berpotongan dengan lintasan pengukuran 2D pada titik koordinat 49M 315589-315629 mE 9992997-9993034 mN. Teknik pengukuran mengadopsi metode *roll-along* untuk mendapatkan wilayah pengukuran yang tidak terjangkau oleh bentangan kabel pengukuran yang terbatas. Ilustrasi pengukuran disajikan pada Gambar 2.

Grid 12 x 8



Gambar 2. Desain lintasan pengambilan data geolistrik tahanan jenis

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan sebagai sarana untuk mengetahui kondisi struktur bawah permukaan. Prinsip kerja metode geolistrik tahanan jenis adalah menginjeksikan arus listrik melalui dua elektroda arus dan dua elektroda potensial [11]. Hasil dari penerapan metode ini adalah nilai tahanan jenis.

Untuk menentukan tahanan jenis lapisan pada bumi, maka bumi diasumsikan sebagai medium yang bersifat homogen isotropis [11]. Sehingga nilai potensial untuk tahanan jenis sebagai fungsi dari r dituliskan dengan persamaan berikut :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (1)$$

Jika terdapat dua elektroda arus C1 dan C2 dengan jarak tertentu maka besar potensial P1 dan P2 yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh dua elektroda arus tersebut. Sehingga besar potensial pada titik P1 akibat C1 dan C2 adalah [11]:

$$V_{P1} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2)$$

Sama halnya dengan besar potensial pada titik P2 akibat elektroda arus C1 dan C2

$$V_{P2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (3)$$

Sehingga besar beda potensial antara P1 dan P2 adalah :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (4)$$

Dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka besar nilai tahanan jenis dituliskan dengan persamaan berikut [11]:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

dengan, ρ = Tahanan jenis semu (Ωm)

k = Faktor geometri (m)

ΔV = Beda potensial (V)

I = Arus (A)

Nilai (k) merupakan faktor geometri dari konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yang dituliskan dengan persamaan berikut.

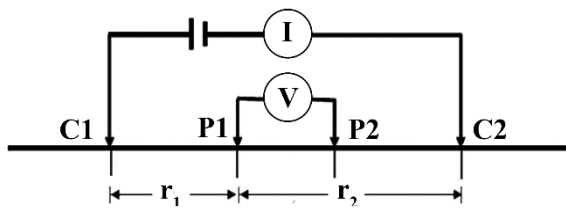
$$k = \pi n(n+1)a \quad (6)$$

dengan, n = rasio antara elektroda

a = spasi antara elektroda

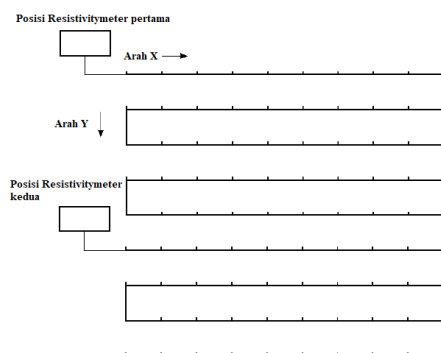
$$\pi = 3,14$$

Metode geolistrik 3D adalah pengembangan



Gambar 3. Prinsip pengukuran geolistrik [8]

dari metode geolistrik 1D dan 2D. Pada geolistrik 3D model yang dihasilkan terdiri dari blok-blok berbentuk tiga dimensi (3D) [5]. Hasil pengolahan metode geolistrik 3D dapat memberikan informasi struktur bawah permukaan secara horizontal dan vertikal. Sehingga metode ini diharapkan mampu memberikan informasi lebih akurat dibanding metode geolistrik 1D dan 2D [10].



Gambar 4. Susunan elektroda pengukuran geolistrik 3D dengan ukuran grid 10 x 10 elektroda [6]

Tahanan jenis batuan adalah kemampuan bahan untuk menghantarkan arus listrik, yang bergantung pada besarnya medan listrik dan kerapatan arus yang diberikan. Besarnya nilai tahanan jenis suatu bahan inilah yang dimanfaatkan metode geolistrik untuk mengetahui kondisi lapisan struktur di bawah permukaan tanah [1].

Tabel 1. Variasi nilai tahanan jenis material

Bahan	Tahanan Jenis (Ωm)
Aluvial dan Pasir [8]	10 - 800
Gambut [9]	13,2 - 225
Gambut & Lempung [12]	8 - 50
Lempung [11]	1 - 100
Lantau [11]	10 - 200
Kalsit [11]	1×10^{12} - 1×10^{13}
Batuan garam [11]	30 - 1×10^{13}
Tanah liat berpasir [8]	30 - 215
Batuan Gamping [11]	50 - 1×10^7
Batuan Pasir [11]	1 - $6,4 \times 10^8$
Air Tanah [11]	1 - 100

Air Laut [11]	0,2
Air Tanah [11]	1 - 100
Pasir [11]	$1 - 10^3$

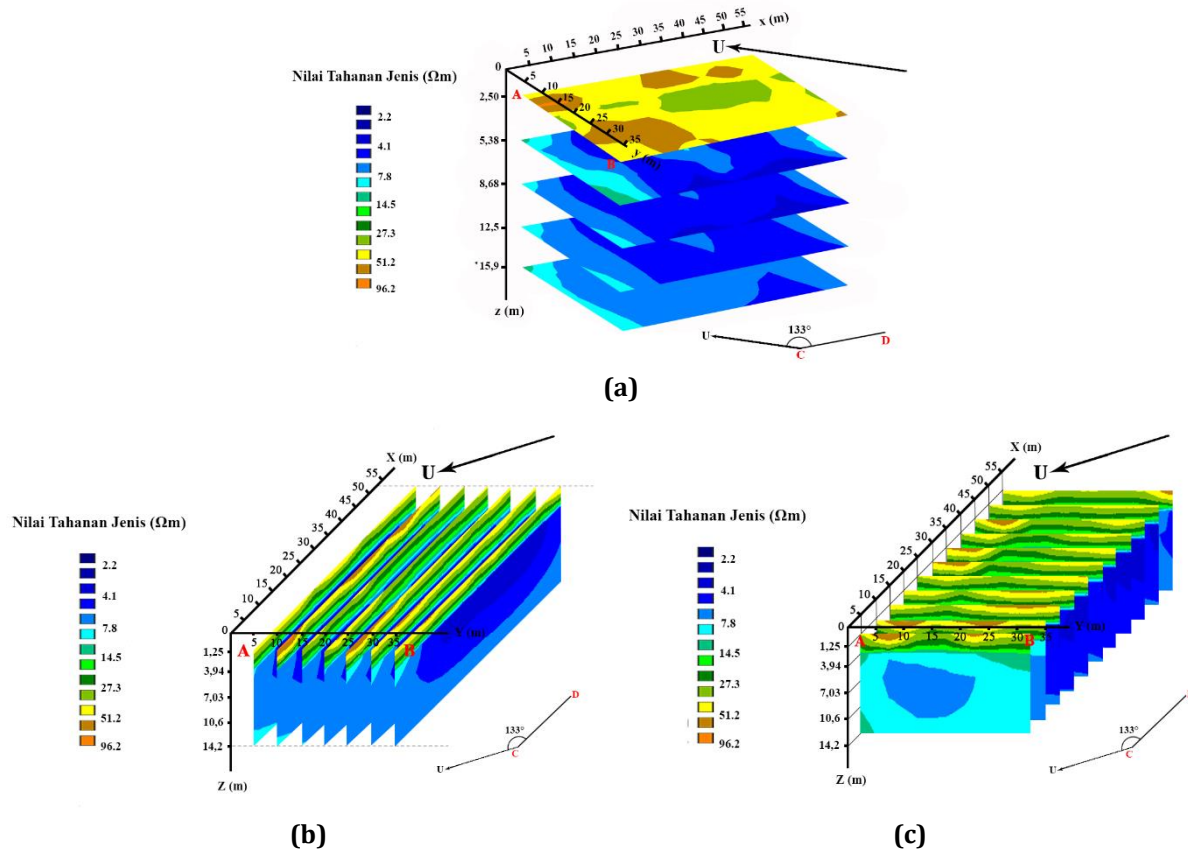
3. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* dan *Res3Dinv* yang menghasilkan model bawah permukaan 2D dan 3D nilai tahanan jenis, kemudian dibandingkan dengan nilai tahanan jenis setiap material untuk menentukan struktur bawah permukaannya. Nilai tersebut tersaji pada Tabel 1.

Model Bawah Permukaan 3D

Hasil dari pengolahan dengan menggunakan *Res3Dinv* menghasilkan model struktur bawah permukaan 3D secara horizontal dan vertikal. Pada model bawah permukaan 3D horizontal ditampilkan dalam 5 sayatan yang mewakili setiap kedalaman yang disajikan pada Gambar 5 (a). Struktur bawah permukaan diduga sebagai tanah gambut berada pada sayatan pertama yang memiliki nilai tahanan jenis dari 27,3 - 96,2 Ωm terdapat pada kedalaman 0 - 2,50 m. Tanah lempung yang memiliki nilai tahanan jenis dari 7,8 - 14,5 Ωm dan lempung yang tersaturasi dari 2,2 - 4,1 Ωm diduga berada pada sayatan kedua hingga kelima, terdapat pada kedalaman 2,50 - 15,9 m.

Model bawah permukaan 3D vertikal disajikan dalam dua bidang yang saling tegak lurus terhadap bidang horizontal. Bidang - bidang tersebut ditandai dengan XZ dan YZ. Adapun model secara vertikal yang sejajar dengan panjang lintasan adalah XZ sedangkan model yang sejajar dengan lebar lintasan adalah YZ dengan masing - masing Z adalah kedalaman. Pada model bawah permukaan 3D vertikal XZ ditampilkan dalam 7 sayatan untuk setiap kedalaman yang disajikan pada Gambar 5 (b). Sayatan pertama hingga kejutuh dengan nilai tahanan jenis dari 27,3 - 96,2 Ωm diduga sebagai tanah gambut dengan kedalaman mencapai 3,94 m. Lebih lanjut nilai tahanan jenis dari 2,2 - 14,5 Ωm diduga sebagai tanah lempung dan lempung yang tersaturasi air tanah memiliki nilai tahanan jenis dari 2,2 - 4,1 Ωm . Kedua tanah tersebut berada pada kedalaman 3,94 - 14,2 m.



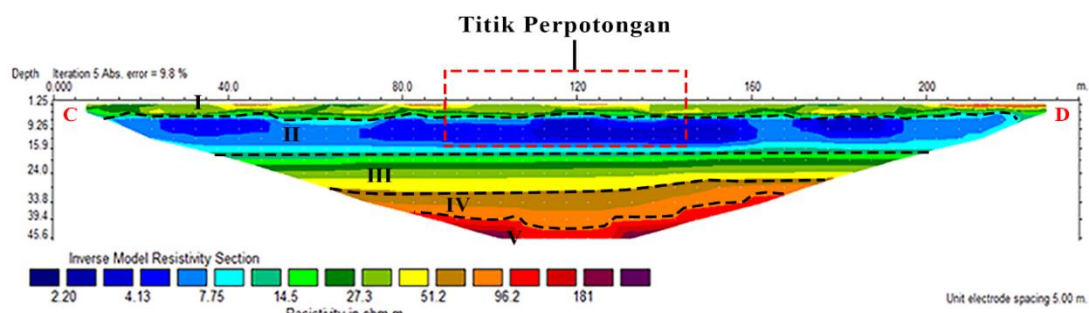
Gambar 5. Model bawah permukaan 3D horizontal (a), model bawah permukaan 3D vertikal XZ (b) dan model bawah permukaan 3D vertikal YZ (c)

Gambar 5 (c) adalah model bawah permukaan 3D vertikal YZ yang ditampilkan dalam 12 sayatan untuk setiap kedalaman. Tanah gambut yang memiliki nilai tahanan jenis dari 27,3 - 96,2 Ωm diduga berada pada sayatan pertama hingga keduabelas dengan kedalaman mencapai 3,94 m. Lapisan setelah tanah gambut yang berada pada kedalaman 3,94 - 14,2 m diduga sebagai tanah lempung dengan nilai tahanan jenis dari 7,8 - 14,5 Ωm dan lempung yang tersaturasi air tanah dari 2,2 - 4,1 Ωm.

Model Bawah Permukaan 2D

Hasil dari model 2D dengan nilai tahanan jenis dari 2,20 - 181 Ωm diperoleh kedalaman mencapai

45,6 m tersaji pada Gambar 6. Interpretasi model dijelaskan per lapisan untuk setiap kedalaman. Lapisan pertama (I) dengan nilai tahanan jenis dari 14,5 - 96,2 Ωm diduga sebagai tanah gambut. Tanah gambut menjadi lapisan penyusun paling atas yang berada pada kedalaman 1,25 m hingga 4,01 m. Lapisan kedua (II) diduga sebagai lempung yang tersaturasi air tanah yang memiliki nilai tahanan jenis dari 2,20 - 7,75 Ωm berada pada kedalaman 4,01 - 18,90 m. Keberadaan lempung yang tersaturasi air tanah setelah gambut akan mengakibatkan kondisi tanah pada lokasi penelitian akan menjadi tidak stabil. Lapisan ketiga (III) yang berada pada kedalaman 18,90 - 28,9 m dengan nilai tahanan jenis dari 14,5 - 51,2



Gambar 6. Model bawah permukaan 2D

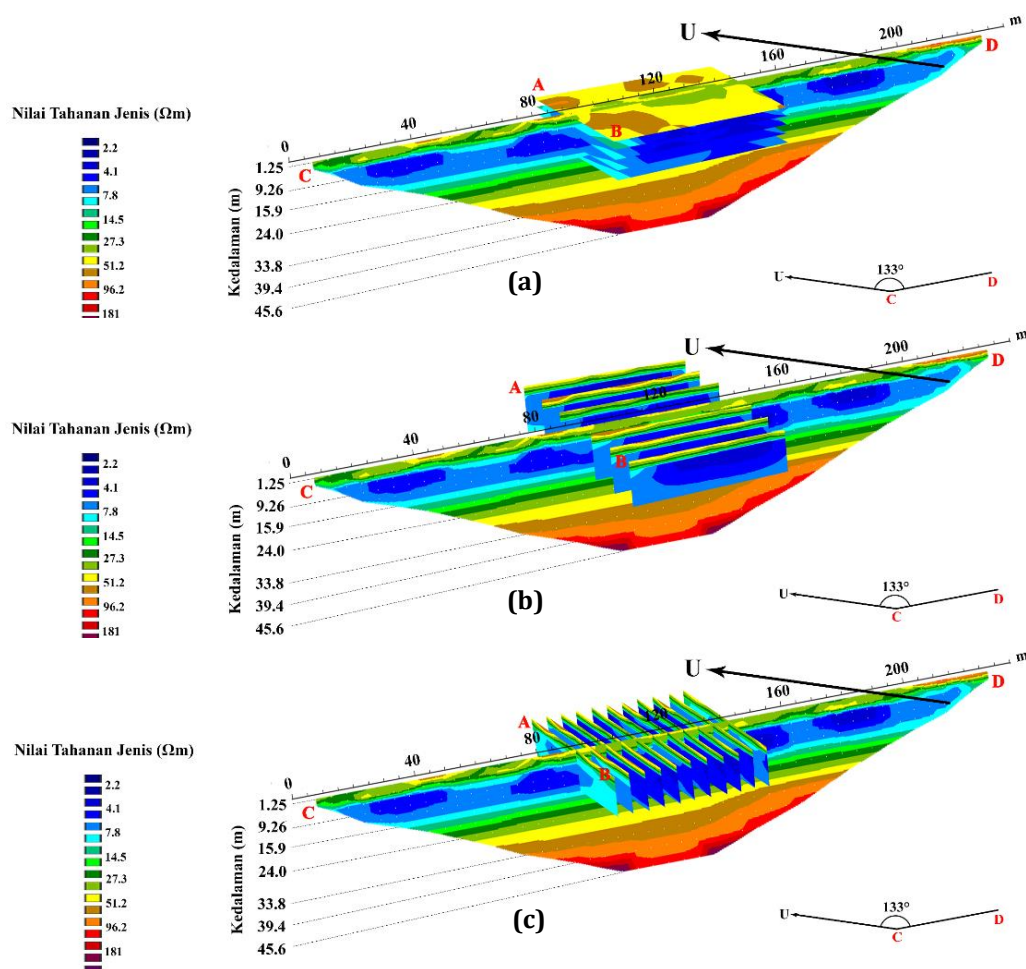
Ωm diduga sebagai tanah lanau. Tanah lanau merupakan peralihan dari lempung dan pasir halus. Lebih lanjut tanah liat berpasir diduga berada setelah lapisan lanau yang berada dilapisan keempat (IV). Terletak pada kedalaman 28,9 - 39,4 m. Tanah liat berpasir merupakan campuran antara lanau dan pasir. Lapisan kelima (V) merupakan lapisan terakhir pada model yang terdapat pada kedalaman 39,4 - 45,6 m diduga sebagai pasir. Nilai tahanan jenis pada lapisan ini lebih besar dibandingkan lapisan lainnya yaitu dari 96,2 - 181 Ωm .

Overlay Model 2D dan 3D

Setelah didapatkan model bawah permukaan 2D dan 3D maka dilakukan overlay pada kedua model tersebut adapun informasi struktur bawah permukaan yang diperoleh dari hasil model bawah permukaan 3D dianggap belum mencapai maksimal karena terbatasnya panjang bentangan kabel. Sehingga dilakukannya overlay pada kedua model dengan tujuan untuk mendapatkan

informasi lebih lanjut berdasarkan hubungan keberlanjutan dari struktur material bawah permukaan terhadap kedalaman. Pada hasil overlay model 2D dan 3D terlihat hubungan yang memiliki kesamaan nilai tahanan jenis dan informasi kedalaman yang tersaji pada Gambar 7.

Secara keseluruhan dapat diinterpretasikan jenis material perlapisan dari hasil overlay model 2D dan 3D terdiri dari lapisan yang memiliki nilai tahanan jenis dari 14,5 - 96,2 Ωm diduga sebagai tanah gambut, terletak pada kedalaman mencapai 4,01 m. Nilai tahanan jenis dari 2,2 - 7,8 Ωm diduga sebagai tanah lempung dan lempung yang tersaturasi air tanah terletak pada kedalaman 3,94 m hingga 18,90 m. Nilai tahanan jenis dari 14,5 - 51,2 Ωm diduga sebagai tanah lanau terletak pada kedalaman 18,90 m hingga 28,9 m. Nilai tahanan jenis dari 51,2 - 96,2 Ωm diduga sebagai tanah liat berpasir, terletak pada kedalaman 28,9 m hingga 39,4 m. Nilai tahanan jenis dari 96,2 - 181 Ωm diduga sebagai pasir, terletak pada kedalaman 39,4 m hingga 45,6 m.



Gambar 7. Overlay model 2D dan 3D horizontal (a), overlay model 2D dan 3D vertikal XZ (b), dan overlay model 2D dan 3D vertikal YZ (c)

4. Kesimpulan

Identifikasi struktur lapisan bawah permukaan di Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak telah dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 3D dan 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Hasil interpretasi struktur bawah permukaan berdasarkan model 3D dan 2D dengan nilai tahanan jenis dari 2,2 hingga 181 Ωm terdiri dari gambut, lempung, lempung tersaturasi air tanah, lanau, tanah liat berpasir dan pasir.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Yudha Arman, D.Sc yang telah membimbing dalam penyelesaian penulisan penelitian ini hingga selesai.

6. Daftar Pustaka

- [1] Alhuda, E., Arman, Y dan Zulfian., Identifikasi Lapisan Akuifer Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Pemangkat Kabupaten Kayong Utara, *Prisma Fisika*, 7(2), pp. 134-138, 2019.
- [2] Badan Perencanaan Pembangunan, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Kota Pontianak 2015-2019, Pemerintah Kota Pontianak, Pontianak, 2014.
- [3] Habibie, M. H., Pencitraan 3-Dimensi Struktur Resistivitas Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Resistivitymeter Multichannel, Skripsi, Universitas Indonesia., Depok, 2009.
- [4] Hakim, R. A. dan Hairunisa., Studi Struktur Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger, *Wacana Didaktika*, 5(1), pp. 56-64, 2017.
- [5] Kuswanto., Garinas, W. dan Zikri, S., Proses Pengambilan Data Dan Pemanfaatan Geolistrik Metode 4-D Untuk Pemetaan Geologi Bawah Permukaan. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri.*, 12(1), pp. 47-56, 2018.
- [6] Loke., 2D and 3D Electrical Imaging Surveys, *Geoelectrical*, pp. 1-110, 2004.
- [7] Rahmawati, D. dan Zulfian., Identifikasi Lapisan Tanah Keras Pada Lahan Gambut Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis, *Prisma Fisika*, 8(1), pp. 45-49, 2020.
- [8] Reynolds, J. M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Wiley, pp. 425-426, 1997.
- [9] Sirait, F. dan Ihwan, A., Identifikasi Struktur Lapisan Tanah Gambut Sebagai Informasi Awal Rancang Bangunan Dengan Metode Geolistrik 3-D, *Prisma Fisika*, 3(2), pp. 36-40, 2015.
- [10] Suandayani, N. K. T., *Survei Resistivitas 3-Dimensi Untuk Menentukan Distribusi Tahanan Jenis Tanah Bawah Permukaan Daerah Rawan Longsor Di Desa Penelokan Kecamatan Kintamani Bangli, Univesitas Udayana*, 2014.
- [11] Telford, W. M., Geldart, L. P. & Sheriff, R. E., *Applied Geophysics* 2nd ed, Cambridge University Press, pp. 283-289, 1990.
- [12] Verhoeft, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta, 1994.